

私の核融合研究・開発



若

者

My nuclear fusion study

紫牟田 康志*

Key Words : Nuclear fusion, safety Analysis, ITER, Plasma

1. はじめに

私は平成9年3月に大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻を修了し、同年4月(株)東芝に入社しました。大学院在学中はレーザー核融合研究センターで御指導いただき、その関係もあって東芝でも核融合炉に関する開発に従事させていただいております。大学院から現在に至るまで同じ核融合研究・開発に従事しているとは言え、活動の場が大学の研究室から企業に変わり、また立場が学生から会社員に変わりました。研究・開発に対する姿勢も変わったように思います。そこで本稿では、私と核融合の関わりを紹介するとともに、自分なりに描いている今後の関わり方について書きたいと思います。

2. 背景

核融合を実現する方式は、磁場によってプラズマ化した燃料を閉じ込めて核融合反応をおこす磁場閉じ込め方式や、球形の燃料にレーザーを照射し高温高密度プラズマを生成して核融合反応を起こすレーザー核融合等をが提案されています。いずれも現在精力的に研究が進められており、例えば磁場閉じ込め核融合では、これを工学的に実証するためのprojectとして国際熱核融合実験炉(ITER)の研究・開発が進められています。ITERでは、プラズマ物理の解明をはじめ核融合炉を構成する機器およびこれ

を保守するための機器等の開発を日本を含む世界のいくつかのサイトで分担して実施しております。ITERはトカマクという、ドーナツ状をした磁場によりプラズマを閉じ込める方式を採用しています。ITERはこのプラズマを格納する容器をはじめとして、多数の構造物からなり、東芝はこれらの構造物の開発に携わっております。また計算機によるプラズマの解析も進めていて、私はプラズマ解析グループに所属しています。ITERは現在建設に向けた研究・開発が進められていますが、今までで最大規模の装置ですので計算機による検討が重要になるものと見込まれます。そのため、私達のグループはITERの安全性を評価する解析コードの開発に参加しています。

3. 開発内容の紹介

大学院在学中の研究テーマは、「レーザー核融合における照射非一様性による擾乱の熱平滑化に関する理論的研究」でした。レーザーを燃料等から構成される球殻に照射して爆縮する場合、燃料表面にある擾乱が問題になります。燃料球表面が不安定な状態にあるため擾乱が成長して球殻が壊れる場合があります。燃料球殻表面の擾乱の原因の一つは照射されるレーザーが空間的に非一様である事です。私はこのレーザーの非一様性と燃料表面の擾乱の関係を、流体方程式を使って求めました。最初に簡単なモデルを作成して評価を行い、次に流体コードを作成してさらに進んだ解析を行い、最終的に爆縮コードを使って結果の検討を行いました。

学生時代に計算機を使った研究を行っていた関係で東芝に入社後もトカマクのプラズマ解析部門に所属しています。現在は核融合炉の炉心安全解析のために、炉心プラズマ異常事象が発生した場合に炉心プラズマがどのような挙動をし、複数の炉内構造物

*Yasushi SHIMUTA
1966年12月26日生
1997年大阪大学・基礎工学研究科・
物理系専攻修了
現在、株式会社東芝・原子力技術研
究所・機械炉システム技術・核融合、
博士(工学)、電気工学
TEL 044-288-8079
FAX 044-288-8211
E-Mail shimuta@ibm.net



からなるシステムがどのような熱的応答をするのかを評価する計算コードの開発を進めています。計算コード開発にあたっては、計算の規模はできるだけ小さくし核融合炉の安全性を議論する上で必要な要素だけを考慮して、炉心全体の挙動を解析する事にしました。解析コードの構成としては、プラズマの挙動を解析する部分と炉内構造物の熱伝導を解析する部分の2つの部分から成ります。

ITERでは、プラズマは高温状態で核融合反応がおこっている炉心プラズマとそれを取り囲むスクレープ層(SOL)およびダイバータ・プラズマから成ります。炉心プラズマでは水素の同位元素の重水素と三重水素が核融合反応して高エネルギーのヘリウムと中性子が生成されます。ヘリウム原子核が持つエネルギーの一部は炉心プラズマで機器へ放射され、残りはSOLを経てダイバータ領域へと導かれます。炉心プラズマからSOLへ流入した全パワーが空間的に集中してダイバータ機器に伝達される状態が長時間続くようでは熱的に厳しいため、途中で熱を分散させる工夫が施されています。異常事象発生時には、ブランケットやダイバータに向かう熱流が増加する場合も考えられます。計算コードのプラズマを解析する部分には、異常時のプラズマの挙動を表現するため、最新のプラズマ物理の成果を参考にして作成した簡易モデルが組み込まれています。

炉内構造物の設計はプラズマから受ける熱負荷が各々の機器により大きく異なる事を配慮してなされています。例えばITERのダイバータという炉心プラズマから逃出した粒子を導くために設けられた機器の一部には熱負荷が空間的に集中する場合があります。熱負荷が集中する部分には、プラズマに対向する面の材料が他の部分とは違うものが用いられていたり、熱伝達率が大きくなるように冷却管に工夫がなされています。今回、熱負荷条件や機器の構造を概略的に考慮するモデルを作成しました。

核融合炉の安全性を評価するとなると、上に説明しました事以外にも考慮すべき点が多く残されています。現在は、核融合炉の安全評価コードの開発で我々が貢献できる点を検討して、引き続き開発を進めている最中です。

4. 今後について

炉心安全解析コードの開発に際しましては、核融合炉の安全性を実証するために機能を追加する事は

もちろん、核融合の実験をより安全に行なう環境を提供する機器の考案も念頭に置いています。そのためは、核融合炉の中でプラズマがどういった挙動をするのか?、また核融合がおこっている環境で機器材料がどういう挙動を示すか?、また高熱負荷がかかった時の冷却系の挙動は?と言った事に関してより詳細な研究が必要です。しかしこれらのすべてが、一つの立派な研究テーマとして成立し得るもので、私一人だけで全てをこなすのは到底無理です。例えばITERのプラズマ性能を評価するために、世界中の大規模装置による成果が使用されたのは御承知のとおりです。こういう状況ですので、個々の分野の詳細についてはそれぞれの専門家によってなされた成果を利用し、そこから何かアピールできる物を提案する事を考えています。

仕事を進めていく上で人に相談する事や報告書を書く事が時々ありますが、自分の研究内容を的確に伝える技術の修得も心がけています。会社に入りましてから、核融合を専門としない人に対して私自身の研究内容を紹介する機会が多くなりました。こういう場合に研究内容を的確に伝えるには、どういう説明をしたらよいのか?会社ではよく、結論を一番最初に言うようにアドバイスされます。結論を最初に適切に伝え途中経過の説明を補足的に加える話し方は、相手が話題に詳しくない場合良い方法だと思いました。私自身は核融合炉の冷却系については、会社に入りまして初めて取り組みました。開発当初、ある工学系の資料を参考にしたのですが、結論について重点的に書かれ途中の理論については簡潔に分りやすく書かれており、素人の私も何か冷却機器について理解したような気になった事を記憶しています。

私の現在の仕事は炉心システム全体の解析で、プラズマ物理や伝熱工学の研究成果を積み重ねて計算コードを開発しておりますが、将来的にはプラズマの基礎研究もやってみようと思っております。ただ、会社の業務としては、例えば核融合研究を進めて行く上で有用で商品として通用するような機器が提案できるというような明確な目標が示せなければなかなか開発を進めるのは難しいかと、個人的に思っています。現状は私の努力不足もあって、新規の機器提案に結びつくような、プラズマ基礎研究が思い付きません。この点は、核融合に関する研究・開発に対する考え方で学生時代とは異なった点でしょうか。

核融合に対する考え方は大学・研究所と企業でも少し違うと私は思います。例えば、核融合は東芝では「重電部門」に属します。私にとってこれは意外でした。「重電」と言うと、重厚長大、高度成長期に日本を支えていた産業といったことが思い浮かび、あまり新しいイメージではありません。大学で核融合の研究をしていたころは核融合は21世紀に実現を目指す「最先端科学」ととらえていました。この「重電」と「最先端科学」の2つがどうにも結びつかなかったのです。しかし大学・研究所と企業の立場を考えると両者は結びつきます。ITERではプラズマを閉じ込めるために大半径が数mにもなる容器が必要ですが、実際にこれを作る立場で考えると重電部門と言うことになります。一方プラズマの物理的性質を調べるという観点からは物理の一分野ということになります。

最近世間は不況で、新規の仕事が立ち上がるというのは難しい状況になっております。こういう時には、物事を従来とは少し違った視点で見ること重要だと思います。会社に入りましてからは、日頃の業務が忙しく何となく惰性的に業務をこなしている感があります。しかし、たまには基本に立ち返っ

て業務を見つめ直す時間を持つとと考えております。現在までのところ大学で修得した基本的な知識やノウハウを日頃の業務で十分活用できた実感した事はあまりありませんが、これをうまく活用すれば、何か良い物が提案できるかなどと考えています。

5. 最 後 に

以上、私の核融合研究・開発内容の概要を紹介しました。現在ITERを建設するべくさまざまな動きがありますが、今こそ安全性を伝える事が重要であると認識しています。昨今はプラズマ・核融合学会等で発表するなどして、計算コードの紹介をするとともに、関係する方々の御意見を伺いまして、核融合炉の安全解析に貢献するべく努力している次第です。もしコメント等ございましたら、御一報くださると幸いです。

最後に本コラムへの投稿を勧めてくださった大阪大学大学院工学研究科・電子情報エネルギー工学専攻の堀池寛教授、また大学院時代に御指導いただきました先生方、および当社の関係者の方々にこの場をかりまして厚く御礼申し上げます。

